

Роман С.В., канд. техн. наук, Кизима С.С., канд. техн. наук

ОСНОВНІ ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДОРОЖНІХ ВКЛАДЕНЬ В УМОВАХ МІСЬКИХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

Сьогодні основною проблемою міських дорожніх господарств, які функціонують в умовах практично сформованих вулично-дорожніх мереж, є підвищення ефективності використання ресурсів на проведення дорожніх ремонтно-відновлювальних робіт, а саме робіт з капітальних та поточних (середніх) ремонтів, оскільки роботи цієї групи безпосередньо спрямовані на підтримання відповідності стану міських вулиць і доріг вимогам руху. Це по-перше. По-друге, на реалізацію саме цих робіт міські дорожні господарства щорічно витрачають близько 70% своїх бюджетів [1 – 4, 6].

Беручи при цьому до уваги низький рівень фінансування міських дорожніх господарств, який останніми роками для різних населених пунктів України коливається в межах 50 – 75 % від реальної потреби, проблема підвищення ефективності використання ресурсів набуває надзвичайної значимості.

Є декілька принципів напрямків вирішення цієї проблеми. Вони зображені на рис.1.

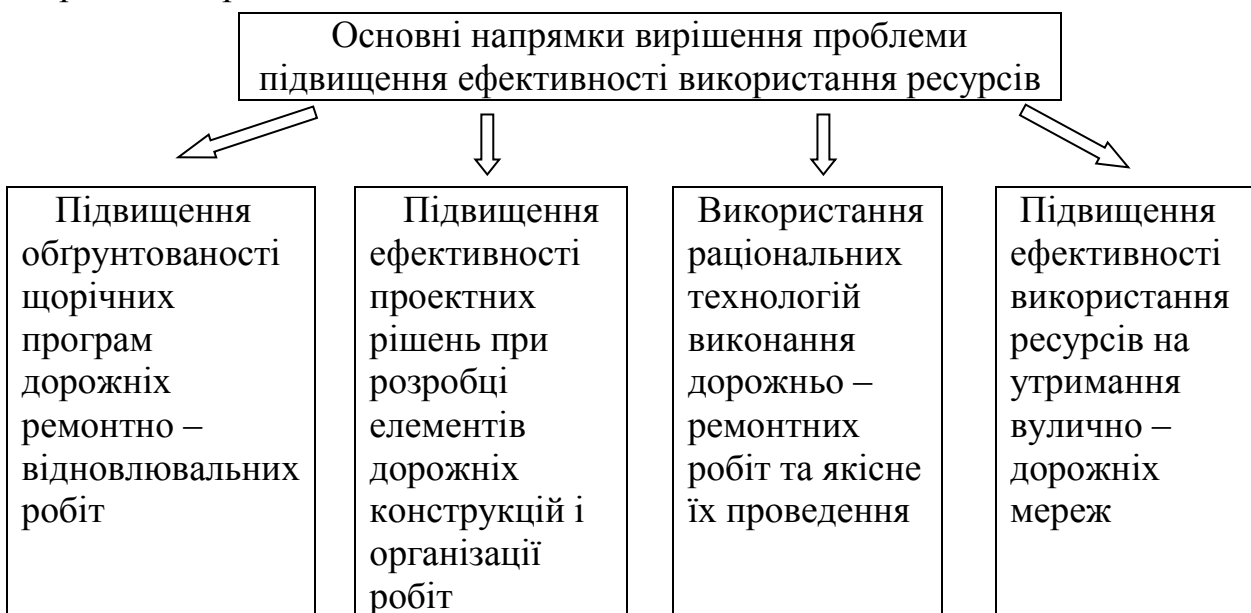


Рисунок 1 – Основні напрямки підвищення ефективності використання ресурсів міськими дорожніми господарствами

Основним із наведених на рис. 1 напрямків є підвищення обґрунтованості міськими дорожніми господарствами щорічних програм дорожніх ремонтно-відновлювальних робіт.

Вивчення області досліджень показало, що спеціальних системних досліджень, які забезпечили б створення методик для специфічних міських умов з метою реалізації даного напрямку, практично не проводилося. Дана задача вирішувалася шляхом пристосування до міських умов результатів розробок для заміських доріг [1, 3, 5]. Таке пристосування не завжди є вдалим, оскільки не дозволяє достатньо повно враховувати специфіку та умови роботи міських вулиць і доріг.

До основних особливостей функціонування міських вулиць і доріг, які потребують врахування при розробці методів обґрунтування програм дорожньо-ремонтних робіт, необхідно віднести:

- 1) специфіка поперечних профілів міських вулиць і доріг;
- 2) особливості дорожніх конструкцій міських вулиць і доріг;
- 3) характер дії рухомого навантаження на дорожні одяги;
- 4) специфіка формування дії природних факторів;
- 5) особливості умов виконання ремонтно-відновлювальних робіт;
- 6) особливості відновлювальних ремонтів міських вулиць і доріг;
- 7) режими та структура робіт з утримання міських вулиць і доріг.

В той же час протяжність міських вулично-дорожніх мереж в Україні складає близько 40% від протяжності мережі доріг загального користування. Тому відсутність спеціальних досліджень у цьому напрямку для умов міських населених пунктів визначає особливу актуальність даної наукової проблеми. Враховуючи відсутність таких розробок для специфічних міських умов з метою вирішення проблеми необхідно опиратися на результати досліджень для заміських доріг.

Розробці методів і систем, призначених для підвищення обґрунтованості ремонтів доріг загального користування присвячені роботи вітчизняних і зарубіжних вчених – К.С. Теренецького, В.М. Сіденко, О.К. Біруля, М.Б.Корсунського, С.І. Міховича, С.С. Кизими, В.Е. Кагановича, І.О.Золотаря, О.П. Васильєва, В.К. Апестіна, В.В. Філіпова, Є.Д. Прусенка, Р. Адамса, Ц. Кейроса, Д. Сімеонова та ін. [2, 3, 6, 7, 8,].

Дослідження цих авторів забезпечили розробку всіх діючих нині підходів до обґрунтування і призначення дорожньо-ремонтних робіт, які згруповані в табл. 1.

Таблиця 1

№ п/п	Існуючі підходи до планування і призначення дорожньо-ремонтних робіт	Загальна характеристика
Вітчизняні підходи		
1	За даними актів натурних обстежень	Підхід не забезпечує об'єктивності у прийнятті рішень та суперечить планово-попереджувальному принципу виконання робіт
2	За міжремонтними строками служби дорожніх одягів	Підхід базується на формальному використанні дискретних строків служби дорожніх одягів, які не враховують властивості дорожніх конструкцій та умови їх роботи
3	За кількісними показниками транспортно-експлуатаційних якостей дорожніх одягів	Підхід передбачає призначення робіт на основі оцінки відповідності фактичного транспортно-експлуатаційного стану вимогам руху. Не дозволяє проводити техніко-економічний аналіз використання ресурсів
4	На основі техніко-економічного аналізу використання ресурсів	Підхід побудований на основі аналізу економічної ефективності використання ресурсів і розробці довгострокових оптимальних стратегій ремонтів
Зарубіжні підходи		
5	На основі оцінки граничних змін характеристик матеріалів дорожніх конструкцій	Відмова від використання безпосередніх транспортно-експлуатаційних показників доріг призводить до умовності розрахунків при обґрунтуванні програм робіт. Умовні показники, які використовують зарубіжні системи, та результати розрахунків практично не корелюються між собою
6	За умовними транспортно-експлуатаційними показниками IRI – умовний показник нерівності RSI – показник комфортності проїзду PSI – індекс можливості проїзду	

Найбільш ефективним є підхід до обґрунтування дорожньо-ремонтних робіт на основі їх техніко-економічного аналізу [3, 6, 11, 12]. Такий підхід сьогодні реалізовано у вітчизняній системі управління станом доріг (СУСП), розробленої групою вчених НТУ [9].

СУСП побудована за принципом техніко-економічної оптимізації стратегій дорожньо-ремонтних робіт. Її концепція полягає у розгляді доріг як об'єктів довгострокової дії, що повністю узгоджується із сучасною системою якості доріг [11]. СУСП забезпечує прогнозування економічного ефекту, який може отримати суспільство в залежності від обсягів ресурсів, які планують вкласти у ремонти доріг з врахуванням певного періоду служби ресурсів, а також враховує ті ресурси, які були вкладені у ремонти доріг у попередні роки. При цьому, основу розробленої системи складають математичні моделі, які забезпечують визначення та прогнозування зміни сумарних приведених середньорічних дорожньо-транспортних витрат в залежності від тієї чи іншої стратегії утримання дороги.

Розроблені та використані в СУСП математичні моделі базуються на закономірностях зміни транспортно-експлуатаційного стану доріг у процесі їх служби в залежності від властивостей дорожніх конструкцій і умов їх роботи та закономірностях впливу транспортно-експлуатаційного стану доріг на паливно-економічні показники роботи рухомого складу. З 2001 року СУСП діє в системі Укравтодору і ефективно вирішує задачі середньо- і довгострокового планування дорожньо-ремонтних робіт.

Аналіз зарубіжного досвіду свідчить, що певні розробки, з тим чи іншим рівнем їх розвитку, використовуються в ряді розвинених країн. Всі вони мають характер локальних менеджерських систем, так званих PMS, які використовують при обґрунтуванні доцільності фінансування ремонтів [4, 13], проте вони також мають певні недоліки. Останні наведені у табл.1.

Не складає виключення відома зарубіжна система HDM, яку використовує Світовий банк при оцінці різних інвестиційних дорожніх проектів [13].

Аналіз підходів до планування дорожньо-ремонтних робіт забезпечив визначення основних шляхів удосконалення методів обґрунтування ремонтно-експлуатаційних робіт в умовах міських населених пунктів. Встановлено, що методи, які використовують сьогодні міські дорожні господарства для обґрунтування програм робіт, базуються тільки або на технічних або на суб'єктивних критеріях. Встановлена відсутність методів, які базувалися б і

поєднували б одночасно технічні і економічні критерії. Це не дозволяє проводити аналіз економічної ефективності використання ресурсів, який повинен бути покладений в основу обґрунтування програм дорожньо-ремонтних робіт у міських населених пунктах.

Базуючись на цих висновках, нами розроблена принципово нова концепція методу обґрунтування програм дорожніх ремонтно-відновлювальних робіт в умовах міських населених пунктів. Остання передбачає обґрунтування програм ремонтів у 4 послідовні етапи, а саме:

1) комісійне обстеження вулично-дорожньої мережі з метою формування переліку дорожніх об'єктів, які з певних причин потребують ремонту;

2) обґрунтування технічної потреби та необхідного виду ремонту для кожного із відібраних дорожніх об'єктів;

3) визначення техніко-економічних наслідків здійснення вкладень в проведення встановлених видів ремонтів для кожного із відібраних дорожніх об'єктів;

4) ранжування дорожніх об'єктів за рівнем техніко-економічних наслідків їх ремонтів та формування річної програми ремонтно-відновлювальних робіт у межах обсягів фінансових ресурсів, передбачених бюджетом на ці роботи.

Основними критеріями при формуванні переліку дорожніх об'єктів, які потребують ремонту, є:

- інтенсивність розвитку деформацій і руйнувань дорожніх одягів, а саме: вилущування, викришування, вибоїни, гребінки, поперечні тріщини, тріщини по смугах накату, сітка тріщин, просідання проломи та ін.;

- погіршення режимів руху у зв'язку із станом проїзної частини.

Таким чином, у запропонованій концепції задачі першого етапу на відміну від задач підходу до планування робіт за даними актів натурних обстежень значно звужуються. Вони полягають у тому, що комісія тільки визначає за тими чи іншими ознаками потреби в ремонтах міських вулиць і доріг, а безпосереднє формування програм робіт повинне проводитися тільки на основі техніко-економічних розрахунків, які передбачено виконувати на іншому етапі.

Перший крок при обґрунтуванні видів ремонтно-відновлювальних робіт для кожного із відібраних на першому етапі дорожніх об'єктів полягає в оцінці відповідності міцнісних властивостей їх дорожніх одягів вимогам руху. У відповідності із Відомчими будівельними нормами [14], відповідність

міцнісних властивостей дорожніх одягів вимогам існуючого руху оцінюють за такими критеріями:

а) на опір пружному прогину всієї конструкції (за допустимим прогином або допустимим модулем пружності);

б) на опір зсуву в ґрунтах і шарах із малозв'язних матеріалів (за допустимими напруженнями зсуву);

в) на опір шарів із монолітних матеріалів розтягу при згині і на стиск у верхньому поясі (за допустимими напруженнями на розтяг і стиск при згині).

На другому та третьому кроках другого етапу оцінюють відповідність рівності проїзної частини та її зчпних якостей вимогам руху відповідно.

Кінцевою метою другого етапу запропонованого методу є формування окремо переліку дорожніх об'єктів капітального та поточного (середнього) ремонтів. Нижче наведено систематизовані умови віднесення дорожніх об'єктів до конкретної групи ремонтно-відновлювальних робіт.

Група капітальних ремонтів

$$\begin{aligned}
 & 1) \left\{ \begin{array}{l} K_{зм\ l} = \frac{E_{\phi}}{E_n} \leq K_{зм\ l}^{доп}; \quad K_{зм\ зр} = \frac{T_{зр}}{T} > K_{зм\ зр}^{доп}; \quad K_{зм\ r} = \frac{R_{доп}}{\sigma_r} > K_{зм\ r}^{доп} \\ S_{\phi} > S_{доп}; \quad \varphi_{\phi} > \varphi_{доп}; \quad \varphi_{\phi} < \varphi_{доп} \end{array} \right\} \\
 & 2) \left\{ \begin{array}{l} K_{зм\ l} = \frac{E_{\phi}}{E_n} > K_{зм\ l}^{доп}; \quad K_{зм\ зр} = \frac{T_{зр}}{T} \leq K_{зм\ зр}^{доп}; \quad K_{зм\ r} = \frac{R_{доп}}{\sigma_r} > K_{зм\ r}^{доп} \\ S_{\phi} > S_{доп}; \quad \varphi_{\phi} > \varphi_{доп}; \quad \varphi_{\phi} < \varphi_{доп} \end{array} \right\}, \\
 & 3) \left\{ \begin{array}{l} K_{зм\ l} = \frac{E_{\phi}}{E_n} > K_{зм\ l}^{доп}; \quad K_{зм\ зр} = \frac{T_{зр}}{T} > K_{зм\ зр}^{доп}; \quad K_{зм\ r} = \frac{R_{доп}}{\sigma_r} \leq K_{зм\ r}^{доп} \\ S_{\phi} > S_{доп}; \quad \varphi_{\phi} > \varphi_{доп}; \quad \varphi_{\phi} < \varphi_{доп} \end{array} \right\}
 \end{aligned} \tag{1}$$

де, $K_{зм\ l}$, $K_{зм\ l}^{доп}$ – відповідно фактичний і допустимий коефіцієнт запасу міцності одягуно пружному прогину;

$K_{зм\ зр}$, $K_{зм\ зр}^{доп}$ – відповідно фактичний і допустимий коефіцієнт запасу міцності одягу на опір зсуву в ґрунтах і шарах з малозв'язних матеріалів;

$K_{зм\ r}$, $K_{зм\ r}^{доп}$ – відповідно фактичний і допустимий коефіцієнт запасу міцності одягу на опір шарів з монолітних матеріалів розтягу при згині і на стиск у верхньому поясі;

E_{ϕ} – фактичний модуль пружності дорожнього одягу;

E_n – необхідний модуль пружності дорожнього руху;

$T_{зр}$ – гранична величина активного напруження зсуву;

T – розрахункове активне напруження зсуву;

$R_{доп}$ – гранично допустиме напруження розтягу матеріалу шару з урахуванням втоми;

σ_r – найбільше напруження розтягу, у розглянутому шарі, що встановлюється розрахунком;

R_{ϕ} , $R_{доп}$ – відповідно фактичне і допустиме значення показника рівності проїзної частини міської вулиці або дороги;

φ_{ϕ} , $\varphi_{доп}$ – відповідно фактичне і допустиме значення коефіцієнта зчеплення коліс з проїзною частиною міських вулиць і доріг

Група поточних (середніх) ремонтів

$$\begin{aligned}
 & 1) \left\{ \begin{array}{l} K_{зм\ l} = \frac{E_{\phi}}{E_n} > K_{зм\ l}^{доп}; \quad K_{зм\ зр} = \frac{T_{зр}}{T} > K_{зм\ зр}^{доп}; \quad K_{зм\ r} = \frac{R_{доп}}{\sigma_r} > K_{зм\ r}^{доп} \\ S_{\phi} > S_{доп}; \quad \varphi_{\phi} > \varphi_{доп} \end{array} \right\} \\
 & 2) \left\{ \begin{array}{l} K_{зм\ l} = \frac{E_{\phi}}{E_n} > K_{зм\ l}^{доп}; \quad K_{зм\ зр} = \frac{T_{зр}}{T} > K_{зм\ зр}^{доп}; \quad K_{зм\ r} = \frac{R_{доп}}{\sigma_r} > K_{зм\ r}^{доп} \\ S_{\phi} < S_{доп}; \quad \varphi_{\phi} < \varphi_{доп} \end{array} \right\}, \\
 & 3) \left\{ \begin{array}{l} K_{зм\ l} = \frac{E_{\phi}}{E_n} > K_{зм\ l}^{доп}; \quad K_{зм\ зр} = \frac{T_{зр}}{T} > K_{зм\ зр}^{доп}; \quad K_{зм\ r} = \frac{R_{доп}}{\sigma_r} > K_{зм\ r}^{доп} \\ S_{\phi} > S_{доп}; \quad \varphi_{\phi} < \varphi_{доп} \end{array} \right\}
 \end{aligned} \tag{2}$$

Основним критерієм визначення техніко-економічних наслідків проведення встановлених видів ремонтів для кожного із відібраних дорожніх

об'єктів прийнято коефіцієнт економічної ефективності вкладень K_e . Загальна формула для його визначення має вигляд:

- для об'єктів капітального ремонту

$$K_e^{кр} = \frac{C^* - C_{кр}}{D}; \quad (3)$$

- для об'єктів поточного (середнього) ремонту

$$K_e^{нсп} = \frac{C^* - C_{нсп}}{D}, \quad (4)$$

де C^* , $C_{кр}$, $C_{нсп}$ – сумарна приведена середньорічна за міжремонтний період дорожньо-транспортна собівартість на дорожньому об'єкті відповідно при умовному «нульовому» варіанті його утримання (тобто коли його транспортно-експлуатаційний стан підтримується за рахунок тільки поточного (дрібного) ремонту і утримання), при капітальному та поточному (середньому) ремонтах відповідно;

D – обсяги вкладень, необхідні для проведення ремонту.

Економіко-математичні моделі для визначення складових (3) і (4) наведені в окремих роботах авторів [2].

Після визначення K_e для відібраних дорожніх об'єктів окремо в групах об'єктів капітального і поточного (середнього) ремонтів, проводять ранжування їх за величиною коефіцієнта ефективності у порядку спадання його значення.

Програму ремонтів формують з тих об'єктів, які забезпечують найбільше значення K_e в межах передбачених дорожнім бюджетом на ремонтні роботи фінансових ресурсів.

Впровадження запропонованої концепції дозволить міським дорожнім господарствам суттєво наблизити до оптимальних річні програми дорожньо-ремонтних робіт. Це забезпечить підвищення ефективності використання ресурсів і обумовить поступове планомірне доведення транспортно-експлуатаційного стану міських вулично-дорожніх мереж до рівня, який диктується фактичним рухом на них.

Література

1. Роман С.В. Удосконалення методів обґрунтування ремонтно-експлуатаційних робіт на вулично-дорожніх мережах міських населених пунктів : автореф. дис. на здобуття наукового ступеню канд. техн. наук : спец. 05.22.11 «Автомобільні шляхи та аеродроми» / Роман С.В. – К., 2009. – 20 с.
2. Кейрос Ц. Техничко-економическіе прблемы ремонта и содержания автомобильных дорог. Перевод и ред. В.Ф. Бабкова. – М.: Транспорт. – 1995. – 57 с.
3. Кизима С.С., Андреев С.И., Лилеева Л.В. Оптимизация системы ремонтов автомобильных дорог. (Стр-во: Обзор. Информ./ Укрниинти. Сер. Технология, организация и управление строительством; Вып. 2). – К., 1988.
4. Прусенко Е.Д. Основные проблемы эксплуатации автомобильных дорог и пути их решения / Прусенко Е.Д., Стороженко М.С., Михович С.И. // Проблемы эксплуатации автомобильных дорог : сб. научных трудов : Вып. 48. – Х.: Знание, 1998. – С. 5 – 12.
5. Технічні правила ремонту і утримання міських вулиць та доріг КТМ 204 України 010-94.
6. Кизима С.С., Андреев С.И. Оптимізація планування робіт по ремонту нежорстких дорожніх одягів. // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Вип. 41. – Київ.: Будівельник. 1987. – с.29 – 35.
7. Теренецкий К.С. Применение транспортного критерия при проектировании дорог. // Труды КАДИ. Сборник 1. К. – 1953. – с.6 – 8.
8. Васильев А.П. Некоторые проблемы управления состоянием автомобильных дорог. // Автомобильные дороги. – М.: Транспорт. 1993. – с.1 – 4.
9. Кизима С.С., Канін О.П., Лихоступ М.М. Структура та технічні можливості вітчизняної системи управління станом покриттів. // Нові технології в будівництві та експлуатації автомобільних доріг. – Харків. – 2002.
10. Кизима С.С. Експлуатація автомобільних доріг. К.: НТУ, 2009. – 271с.
11. С.С. Кизима, С.В. Роман. Теоретичні основи оптимізації програм ремонтно-відновлювальних робіт на мережі доріг міських населених пунктів. // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Вип. 67. – Київ НТУ, 2003. – С.81 – 89.
12. Прусенко Е.Д. Основные направления совершенствования методов управления состоянием автомобильных дорог / Прусенко Е.Д., Демишкан В.Ф. // Проблемы эксплуатации автомобильных дорог : сб. науч. трудов : Вып. 48. – Х. : Знание, 1998. – С. 39 – 47.
13. Закардонцев Ф.С., Андреев С.И., Павлюк Д.О., Кизима С.С. Про деякі аспекти застосування моделі НДМ в Україні. // Автошляховик України. – К.: 1999. № 2. – С.40 – 41.
14. Дорожній одяг нежорсткого типу: ВБН В.2.3–218–186–2004. – [Чинний від 2005-01-01]. – К. : Державна служба автомобільних доріг України «Укравтодор», 2004. – 176 с. – (Відомчі будівельні норми України).